

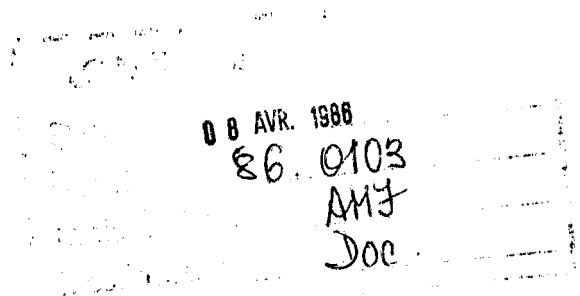
CNO101410

UNIVERSITE PARIS-SUD
Centre d'ORSAY

D.E.A. GENETIQUE et AMELIORATION DES VEGETAUX

ETUDE DE L'ORGANISATION DE LA VARIABILITE
DANS LES POPULATIONS DE MAIS (Zea Mays L.)

Abdou N'DIAYE



G.I.S. MOULON
Ferme du Moulon
91190 GIF-S/YVETTE

Septembre 1985

REMERCIEMENTS

A Monsieur le Professeur André GALLAIS, Directeur du Centre d'Expérimentation Biologique et Agronomique (C.E.B.A.) du G.I.S. Moulon, j'adresse ma profonde reconnaissance pour m'avoir accueilli dans son laboratoire et pour avoir accepté de diriger ce travail et pour ses précieux conseils.

A Mlle Valérie Lavergne ainsi qu'à tout le personnel du laboratoire de Maïs, j'exprime ma très profonde gratitude pour leur hospitalité et leur aide précieuse..

Je suis particulièrement reconnaissant à M. Aboubakry Sarr dont les conseils me furent d'un précieux secours.

Mes vifs remerciements vont à Mme Elisabeth Van NGuyen du G.P.D.P. (CNRS) qui a bien voulu me faire les calculs nécessaires.

Enfin, vous très nombreux, à avoir contribué de près ou de loin, à la réalisation de ce travail, je ne saurais sans doute pas vous exprimer suffisamment ma gratitude.

SUMMARY

Genetic variability is essential for continued genetic improvement of any crop species. One potential source of genetic variability is the use of exotic or inadapted germplasm.

So, 148 local maize populations from U.S.A., Argentine Republic, Bulgaria, China, France, Hungary, Portugal, Romania, Sovietic Union, Thailand, Turkey, Yugoslavia were grown in 1984 at two stations and observed for 15 characters (of Annexe II) in order to value their variability.

Using principal component and cluster analysis of plant and ear characters, 4 groups of populations were definite and described. Some significant associations between two characters were found. In some instances, these relations, could be due to genetical effects (for example pleiotropy) ; breeding effects ; multivariate effects (multiple correlations) and sampling effects.

PLAN

Première partie

I - INTRODUCTION

- A. Perspectives générales
- B. Le maïs en Europe

II - UTILISATION DE LA VARIABILITE EXOTIQUE DANS LES PROGRAMMES D'AMELIORATION

- A. Introduction
- B. Stratégies
 - 1. la collection
 - 2. la maintenance
 - 3. l'évaluation
 - 4. l'exploitation
- C. Méthodes d'intwgression
 - 1. la sélection massale
 - 2. la sélection récurrente avec descendance
 - 3. le back-cross
- D. Conclusion

Deuxième partie

I - OBJECTIFS DU PROGRAMME

II - MATERIEL ET METHODES

- A. Matériel végétal
- B. Méthodes d'évaluation
 - 1. Dispositif expérimental
 - 2. Caractères mesurés
- C. Méthodes d'analyse des résultats
 - 1. l'analyse de variance
 - 2. les études synthétiques
 - 2.1. l'analyse en composantes principales
 - 2.2. l'analyse factorielle discriminante
 - 2.3. la distance de Mahalanobis

Résultats expérimentaux

I - ANALYSE DE VARIANCE

II - ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

A. L'association entre caractères

B. L'analyse en composantes principales

C. L'analyse factorielle discriminante

D. Variabilité entre populations et problèmes de classification

E. Conclusion

Première partie

1 - INTRODUCTION

A - PERSPECTIVES GENERALES

Tout travail de sélection exige un examen d'un matériel aussi vaste que possible, d'autant plus important que le nombre de problèmes dont on espère trouver la solution est élevé. Dans quelque domaine que ce soit, les buts principaux à atteindre sont : grande productivité, qualité et régularité pour la production.

Pour parvenir à cette fin, la nécessité d'une diversification des plantes cultivées est un élément essentiel à prendre en compte pour la poursuite de l'essor de l'agriculture. En fait, la sélection moderne a tout d'abord porté sur un ensemble restreint de plantes, à l'intérieur duquel de très grandes perspectives d'amélioration étaient ouvertes. De nos jours, certaines limites dans les capacités d'amélioration des principales cultures ont été atteintes et de façon générale. C'est en particulier, le cas du maïs dont la base génétique des principales variétés cultivées en France est très étroite, avec prédominance de quelques lignées "élites" et de leurs dérivés. Si le maïs est souvent cité comme un exemple d'appauvrissement génétique, car l'essentiel des hybrides cultivés dans le monde repose sur un faible nombre de lignées, il est bon de noter que tous les sélectionneurs importants possèdent du matériel très diversifié originaire du monde entier. L'explosion de la culture du maïs à la suite de la découverte des hybrides, a indéniablement amélioré la production, mais a créé des problèmes nouveaux : l'uniformité génétique, l'absence de variabilité et la perte de matériel.

Cette érosion génétique ou "effacement génétique" (Harlan), qui peut présenter des risques agronomiques certains, est liée, ou sinon due, à la non-utilisation de toute la variabilité actuellement disponible, soit par souci d'efficacité à court terme, soit par manque de méthodologie pour pouvoir utiliser toute cette variabilité.

C'est pour répondre à ces différents aspects et pour préparer le progrès génétique à moyen et long terme que le Programme Populations Sources (P.P.S.) [INRA - PROMAIS] s'est fixé comme objectifs de :

- a) rassembler un grand nombre de populations adaptées aux conditions climatiques françaises et d'ailleurs ;
- b) se donner les moyens d'étude et de conservation de cette variabilité ;
- c) préciser les méthodologies de gestion et d'utilisation de cette variabilité en sélection ;
- d) enfin voir les possibilités d'utilisation de matériel non-adapté d'origine tropicale.

En définitive, le but de notre travail se rapporte aux second et troisième points, autrement dit consiste à effectuer l'évaluation de la variabilité de populations de maïs afin d'élargir la base génétique existante d'une part, et d'autre part, à proposer des méthodes d'intégration de germplasm exotique dans le programme de recherche d'une nouvelle variabilité (voir tableau I.A).

Les opérations précitées permettront d'offrir aux sélectionneurs un matériel de base intéressant aux caractéristiques définies et, par la suite, d'entamer une sélection variétale proprement dite.

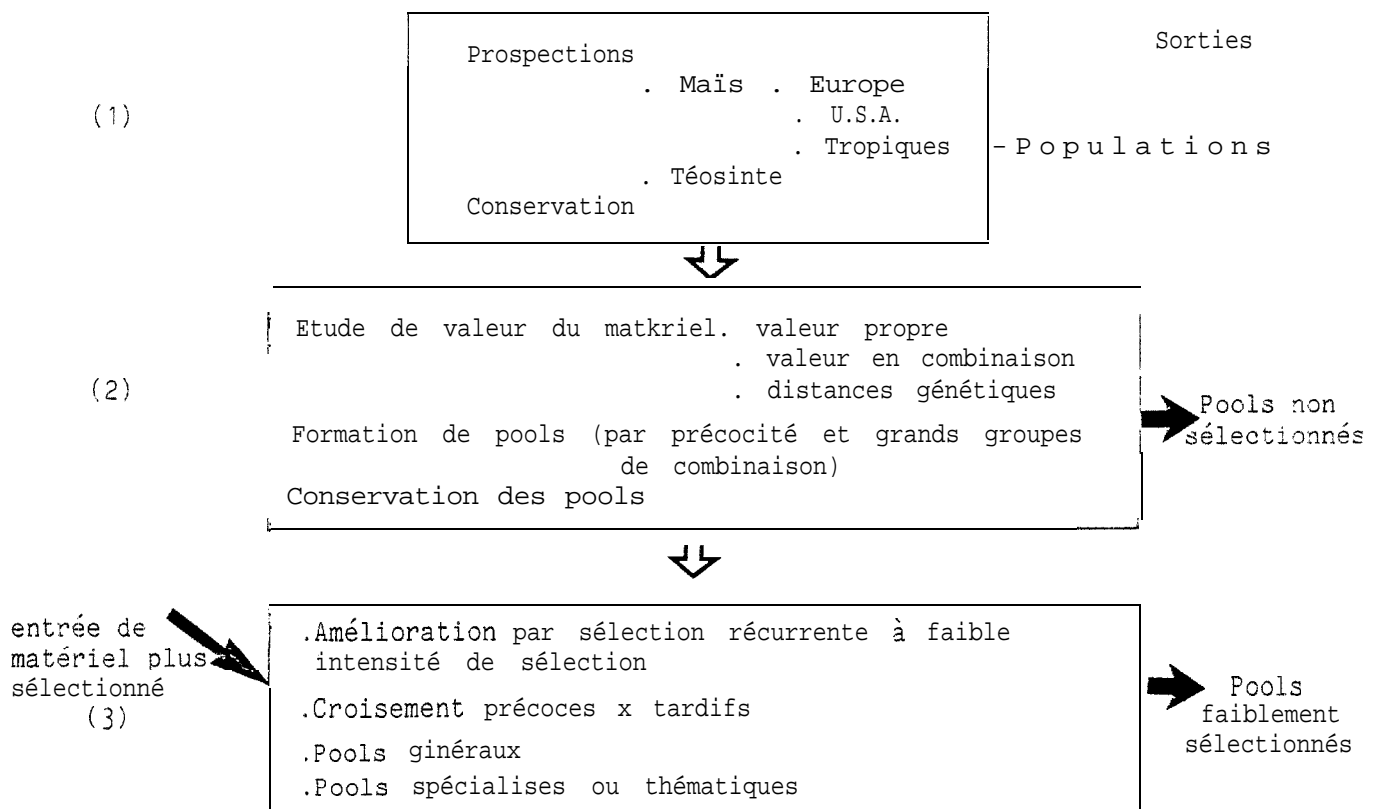


Tableau I.A. Projet "recherche d'étude de la variabilité génétique chez le maïs. "

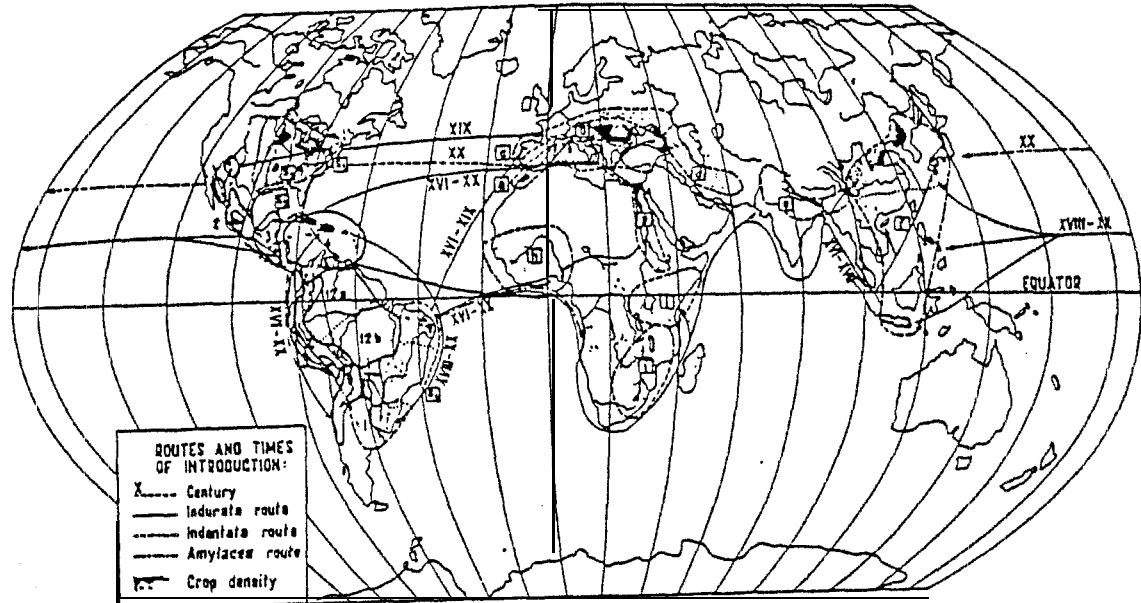
B - LE MAÏS EN EUROPE

Découvert par Christophe Colomb dans les Iles Bahamas et introduit pour la première fois en culture dans les champs de Séville en 1494, le maïs dur des Indes occidentales s'est dispersé dans le sud européen sans une adaptation préalable à l'agriculture. En effet, il a fallu attendre le milieu du XVIe siècle pour qu'une nouvelle introduction de matériel en provenance des Andes et des collines du Mexique pût permettre d'accroître la variabilité et une meilleure adaptabilité. De ce chef, on trouva par la suite des formes acclimatées répandues presque partout, notamment à partir du Sud italien en passant par les régions méditerranéennes, puis par l'Est africain, la côte de la mer Noire, le Proche-Orient et le Nord de l'Afrique. Déjà, au milieu du XVIIe siècle le maïs est largement vulgarisé à travers tout le Sud européen pour devenir la principale culture vivrière contribuant de la sorte à réduire ou à éliminer les risques de famine. Cette introgression progressive de matériel exotique aurait eu pour conséquence la hausse du rendement des cultivars de maïs. Nous citons comme exemple l'introduction du maïs denté par les plaines du Danube (voir Fig. 1).

A présent en Europe occidentale, en France en particulier, la plupart des hybrides ont un parent denté américain, l'autre étant un corne européen. Cependant, des études réalisées sur l'hybridation ont bien montré que pour accroître les potentialités des différents types de maïs, il faut diversifier les origines génétiques pour augmenter la variabilité. Or dans l'espèce maïs, et dans les espèces proches susceptibles de se croiser avec elle, il existe une variabilité en grande partie inexploitée. Hallauer (1982) a signalé que sur quelques 129 races de maïs décrites, chacune regroupant plusieurs dizaines de populations, trois sont utilisées, soit environ 2 %.

Selon Braun (1980) la connaissance de l'origine de ces populations pourrait permettre d'orienter les croisements à réaliser de manière à élargir la base génétique du matériel.

WORLD DIFFUSION OF ZEA' MAYS L.



○ PRIMARY CENTERS

1. N. Mexico-New Mexico
2. Central Mexico
3. S. Mexico-Guatemala
4. Caribbean Gulf/Colombia
5. N. Andean Cordillera

6. Peruvian coast
7. Central Andean Valleys
8. Valley Alta/Altiplano
9. Central-S. Bolivia
10. Andean Eastern valleys
11. Eastern Lowlands
12. N. and S. Amazonia

Centers of differentiation of *Zea mays* L.

○ SECONDARY CENTERS

- America
1. Northern & N. Eastern USA
 2. South Eastern USA
 3. Mid-Eastern Corn Belt
 4. S. S. Brazil-Uruguay-Arg. Plains

Europe

- a. Europe and Mediterranean coast
- b. European Corn Belt
- c. Atlantic and Continental regions

Asia

- d. Near East, e. Southern Himalaya, f. East Asia

Africa

- g. Nile Valley, h. West Africa, i. South Africa, j. East Africa

Fig.1

Diffusion du maïs dans le monde.

II - UTILISATION DE LA VARIABILITE EXOTIQUE DANS LES PROGRAMMES D'AMELIORATION

A - INTRODUCTION

Dans le cadre de ce projet, les populations sont regroupées en deux grands types dont l'étude et l'utilisation seront différentes :

- les populations (précoces ou tardives) dont la sensibilité à la photopériode est suffisamment faible pour qu'elles fleurissent et mûrissent sous nos latitudes ; elles seront dites "adaptées" ;
- les populations dont la réaction à la photopériode ou éventuellement la grande exigence en somme de température, rend l'utilisation directe sous nos latitudes impossible ; elles seront dites "exotiques".

La variabilité exotique est un élément de base pour tout programme de sélection. Alors, conscients du fait que l'hétérosis semble, dans un certain nombre de cas, augmenter en fonction du degré de divergence génétique des parents, les sélectionneurs ont jugé nécessaire d'effectuer l'hybridation entre des populations de maïs d'origines géographiques très différentes (Goodman, 1965 ; Wellhausen, 1965 ; Moll, Salhuana et Robinson 1962 ; Griffing et Lindstrom, 1954). Bien que le rôle potentiel de la variabilité exotique ait été reconnu efficace dans les programmes d'amélioration, les sélectionneurs demeuraient cependant très peu disposés à l'utiliser pour trois raisons, à savoir : la disponibilité de la variabilité actuelle des populations locales pour un progrès génétique, la réduction du niveau moyen de leur performance par suite de l'incorporation de variabilité exotique et enfin le fait que l'usage de germplasma exotique n'ait pas un impact immédiat dans les projets à court terme.

B - STRATEGIES

Selon le rapport du "Plant Breeding Research Forum" quatre points essentiels sont à tenir en considération quant à l'introduction de la variabilité exotique dans un programme de sélection.

1. La collection de populations nombreuses et diversifiées du point de vue génétique et géographique. Notons que les objectifs généraux

de la collecte des ressources génétiques, consistent à rapporter le maximum de diversité génétique pour le complexe étudié, à déterminer les mécanismes générateurs de cette diversité et localiser les sites où ces mécanismes semblent mis en oeuvre (conservation dynamique des ressources génétiques et connaissance de leur gestion).

2. La maintenance

Il s'agit de la conservation du matériel végétal en vue du maintien de la variabilité et du pouvoir de germination. Cependant, la structure génétique du matériel végétal protégé se modifie dans le temps et dans l'espace selon les méthodes de conservation utilisées. Dans le cas précis du P.P.S. une conservation statique du matériel obtenu est prévue, au moins pour les populations adaptées, en envisageant une méthode assurant une conservation longue (20 ans) et avec deux lieux de stockage. Une multiplication avant étude et stockage est à prévoir pour un certain nombre d'échantillons.

3. L'évaluation

Elle comprend, en plus de la description de leurs richesses en gènes intéressants, les résistances aux différents aléas, l'évaluation de leur contribution potentielle à la productivité.

4. Exploitation

Quelquefois appelée préamélioration, elle permet de mettre des populations exotiques sous une forme améliorée, laquelle constituera un parent remarquable à être croisé avec un matériel adapté, soit un testeur par exemple. Il s'en suit un choix, au sein de la descendance, des individus qui auraient les recombinaisons de caractères favorables des deux parents. De cette manière, les caractères désirables seront transférés des populations exotiques aux lignées adaptées.

C - METHODES D'INTROGRESSION

La nécessité d'une compréhension profonde des sources de variabilité devient impérative en vue de leur introduction. Cela revient à dire que la connaissance des relations entre les populations d'une part,

la meilleure prise en compte des réactions spécifiques aux environnements génétiques et écologiques d'autre part, et, enfin, une plus large compréhension de leur potentiel de combinaison spécifique peuvent, non seulement révéler le taux de variabilité disponible, mais aussi les méthodes adéquates.

Parmi les méthodes préconisées, on peut citer celles qui semblent pouvoir permettre de surmonter les problèmes d'adaptation aux conditions pédoclimatiques et ceux liés à l'amélioration du niveau moyen de performance. Toutefois, ces méthodes sont courantes et ont déjà été utilisées (Troyer et Brown, 1972 ; Hallauer et Sears, 1972). Il s'agit de:

1. La sélection massale

La sélection massale ou sélection récurrente individuelle, s'est avérée relativement efficace dans l'amélioration de populations issues de croisements entre adaptées et exotiques selon Hallauer et Sears (1972), Troyer et Brown (1972). C'est à la fois un mode de création et d'amélioration de populations. Elle permet de passer d'une population à large base génétique à une population à base génétique étroite et est d'une efficacité très satisfaisante lorsque la sélection porte sur des caractères à bonne héritabilité. Par ailleurs, le nombre de cycles nécessaires pour l'obtention d'un niveau acceptable d'adaptabilité dépend de l'intensité de sélection et de la situation géographique du milieu d'introduction (Arnel R., Hallauer et J.H. Sears (1972).

2. La sélection récurrente avec descendance

Elle a été mise au point en 1940 par un chercheur américain, Jenkins, à partir de la méthode de l'épi à la ligne ; par suite de son inefficacité Lonquist J.H. (1964) a proposé la méthode de l'épi à la ligne modifiée. Elle comprend des cycles de sélection développés pour l'amélioration des caractères quantitatifs très peu hérissables. Notons que ces méthodes ont été créées d'abord pour des types de gènes à introduire pour l'hétérosis (Hull, 1945) et pour améliorer la performance des populations (Jenkins, 1940). Sur cette base, Jenkins a suggéré trois grandes étapes :

a - la sélection des premières générations d'autofécondation des populations ;

b - le test de ces populations en top-cross pour le rendement et pour d'autres caractères d'intérêt agronomique ;

c - l'intercroisement des populations ayant obtenu les meilleurs résultats pour produire un synthétique.

Somme toute, les méthodes de sélection récurrente permettent, non seulement d'aboutir à l'amélioration directe des populations tropicales, mais encore d'assurer l'élargissement de la base génétique du matériel en sélection.

3. La back-cross

L'introduction d'un germplasm exotique est souvent difficile en premier lieu. Cela est dû aux problèmes d'acclimatation ou d'adaptation liés aux réponses spécifiques à la photopériode et aux thermopériodes. La première sélection est habituellement conduite chez des populations formées par croisements entre adaptées et exotiques en vue de l'incorporation de caractères simples héréditaires. Cependant, les méthodes d'identification de populations exotiques contenant des allèles favorables n'ont pas été disponibles. J. W. Dudley (1984a) a proposé une théorie selon laquelle un back-cross au moins serait nécessaire avant de commencer les autofécondations pour augmenter la probabilité de trouver une population qui aurait une performance meilleure à condition que l'un des parents possède un plus grand nombre de loci contenant des allèles favorables.

D - CONCLUSION

En définitive, l'introduction de la variabilité exotique dans les programmes d'amélioration doit être l'un des soucis des sélectionneurs. Par suite des informations fournies par Welhausen (1958) selon lesquelles il existerait une variabilité inter et intravariétés exotiques, une manifestation de l'hétérosis au sein des variétés exotiques et dans les croisements entre variétés exotiques et variétés adaptées et, enfin, un potentiel des ressources exotiques dans la création de lignées et de gènes de résistance aux maladies et aux insectes.

Malgré de nombreuses études (Welhausen et al., 1952 ; Brown, 1953 ; Welhausen, 1956, 1965 ; Leng et al., 1962) l'ensemble des informations concernant l'utilisation de germplasm exotique reste limité quoique des résultats positifs aient été enregistrés.

Deuxième partie

1 - OBJECTIF DU PROGRAMME

L'objectif de notre travail est d'étudier la variabilité entre populations des maïs selon deux systèmes de tests :

- la valeur propre pour mieux connaître le matériel végétal ;
- la valeur en combinaison : il en ressort un premier regroupement en "pools" qui permettra de diminuer le nombre "d'entrées" à étudier en combinaison.

II - MATERIEL ET METHODES

A - MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal étudié dans le présent travail (populations "valeur propre" 1984 : module 12) provient de pays géographiquement différents comme l'Amérique (U.S.A.) : 6, l'Argentine : 17, la Bulgarie : 12, la Chine : 2, la France : 79, la Hongrie : 11, le Portugal : 2, la Roumanie : 13, la Russie : 2, la Thaïlande : 1, la Turquie : 1 et la Yougoslavie : 2 (voir annexe I).

Il est à noter, pour les analyses suivantes, que chaque population sera identifiée par le numéro de traitement (génotype) suivi de la plaque internationale du pays d'origine ; BV : 10H = génotype n° 10 d'origine hongroise.

B - METHODES D'EVALUATION

1. Dispositif expérimental

Blocs randomisés avec 2 répétitions, 160 traitements (148 populations + 12 témoins) ; 1 traitement = 1 ligne de 5 m. Les lignes sont séparées par des allées de 0,80 m ; l'écartement entre lignes : 0,80m (25 x 80).

2. Caractères mesurés

Le choix des caractères a été effectuée de façon à ce qu'ils apportent le maximum d'information sur la plante. On les classe dans les rubriques suivantes :

- a) Caractères agronomiques : rendement et précocité
- b) caractères quantitatifs associés au rendement : il s'agit des différentes mesures morphologiques ;

c) facteurs de régularité du rendement : résistances, aux différents aléas et santé de l'épi ;

d) caractères qualitatifs purement descripteurs : couleur et texture du grain.

La liste complète des différents caractères précités figure en annexe II,

C - METHODES D'ANALYSE DES RESULTATS

Les analyses statistiques des résultats et les calculs ont été faits au laboratoire du G.P.D.P. à Cif-sur-Yvette et au GIS Moulon. En fait, l'étude de chacun des aspects de la variabilité nécessite l'emploi de techniques de description et d'analyse différentes suivant que l'on désire étudier chaque caractère indépendamment ou leur ensemble, de façon synthétique.

1. L'analyse de variance

Elle permet de quantifier les variations interpopulations et intrapopulations qui constituent la variation totale (ANOVA 2 critères).

2. Les études synthétiques

La structure générale de la variabilité d'un ensemble de populations peut être appréhendée par des analyses multivariées comme l'analyse en composantes principales, la distance D^2 de Mahalanobis et l'analyse factorielle discriminante.

2.1. L'analyse en composantes principales (A.C.P.)

Dans l'A.C.P. on construit, par combinaison linéaire des variables observées, les axes d'un nouveau repère sur lesquels l'interprétation sera plus aisée. Ainsi, l'A.C.P. permet de réduire l'étude d'un grand nombre de variables à celle de quelques unes qui décrivent l'essentiel de la variabilité générale. Il faut cependant noter que les nouvelles composantes seront orthogonales et non corrélées entre elles, ce qui, du reste, facilitera l'interprétation. Cette analyse a été utilisée par différents chercheurs : Hussaini (1977), Niangado (1981) sur le mil ; Rey-Herme (1982) Hugues de Cherisey (1983) sur le millet.

2.2. L'analyse factorielle discriminante (A.F.D.)

Dans l'A.F.D. les populations seront réparties à priori en groupes et les axes ou variables canoniques seront construits pour maximiser la dispersion de ces groupes ; les nouvelles variables seront élaborées de façon à présenter un pouvoir discriminant maximal.

Cette analyse peut être complétée par l'emploi de la distance de Mahalanobis (métrique de l'A.F.D.) qui donne une autre expression du voisinage ou de l'éloignement des moyennes de populations dans l'espace des variables [Dagnélie P (1975) ; Lefebvre (1980)].

2.3. La distance D^2 de Mahalanobis

La distance de Mahalanobis est un outil synthétique qui ne permet de quantifier la distance ou l'éloignement qu'entre deux points dans l'espace des variables.

Le calcul de la distance de Mahalanobis revient en fait à soumettre les données brutes au filtre de la variation intrapopulation, en les exprimant dans la base des vecteurs propres de la matrice de variance-covariance intrapopulations.

Nous renvoyons le lecteur à la riche bibliographie sur les distances en statistiques pour les modalités des calculs.

Nous l'utiliserons ici uniquement pour quantifier l'éloignement entre les points moyens des populations ou groupes de populations (Mahalanobis, 1930, 1936 ; Rao, 1952).

Rappelons toutefois qu'un certain nombre d'investigations concernant l'évaluation de la diversité génétique chez plusieurs cultivars ont été publiées au cours de la dernière décennie. Néanmoins, des réponses précises selon V. Arunachalam (1981), n'ont pas été données aux questions concernant les critères de choix des caractères quantitatifs permettant de définir clairement les différents génotypes, la relation entre la diversité génétique et l'hétérosis qui peut en résulter, la nécessité de classer un grand nombre de génotypes par la distance de Mahalanobis et, enfin, la définition du rôle de la distance génétique dans l'amélioration des plantes.

Plusieurs auteurs, dont A. Murty et Arunachalam (1966) ; (1967) Chandrasekariah (), Murty et Arunachalam (1969) ; (1970) ; Cress (1966) ont tenté de répondre à ces questions. Il ressort de leurs différents

rapports la constatation suivante :

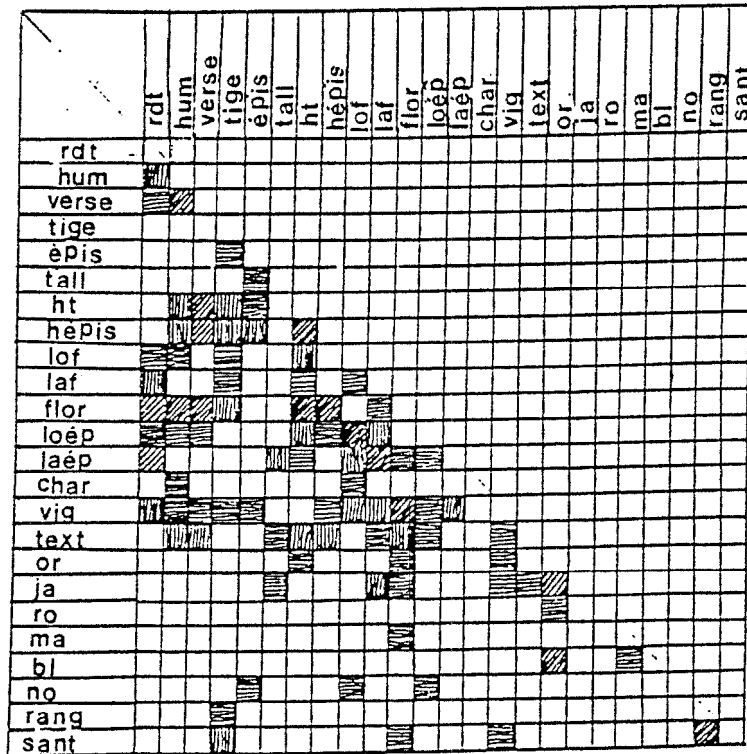
l'estimation des distances génétiques semble nécessaire dans l'établissement d'un programme de croisements, dans la mesure où on note souvent une bonne corrélation distance ■ hétérosis.

Résultats expérimentaux

MATRICE DES CORRELATIONS
 (TOUS LES COEFFICIENTS SONT MULTIPLIES PAR 1000)

	ROT	HUM	VERS	TIGE	EPIS	TALL	HT	HEPT	LOF	LAF	FLOR	LOEP	LAEP	CHAR	VIG	TEXT	OR	JA	RO	MA	BL	NO	RANG	SAN
ROT	1000																							
HUM	-470	1000																						
VERS	-292	559	1000																					
TIGE	-54	-148	-69	1000																				
EPIS	66	31	89	-177	1000																			
TALL	-108	71	31	-13	280	1000																		
HT	48	386	558	-430	224	-71	1000																	
HEPT	-79	413	578	-473	432	-33	829	1000																
LOF	284	254	160	-204	-44	87	375	148	1000															
LAF	485	-107	-115	-228	151	-115	218	154	251	1000														
FLOR	-540	827	835	-314	185	7	504	660	-41	-185	1000													
LOEP	360	224	231	-24	-38	32	380	174	528	354	132	1000												
LAEP	623	-25	-46	-138	3	-307	225	119	357	551	-258	261	1000											
CHAR	-50	212	141	-64	-89	0	95	5	238	166	18	101	44	1000										
VIG	468	-282	-282	172	-188	-35	-128	-279	315	335	-621	199	415	107	1000									
TEXT	-97	317	323	-143	37	-171	380	304	34	185	335	271	121	-31	-199	1000								
OR	87	-65	-81	113	-37	48	-172	-125	-5	-11	-250	119	52	-44	283	-140	1000							
JA	10	106	103	-102	83	-172	150	142	14	317	246	109	151	68	-204	286	-573	1000						
RO	119	-43	-15	11	-36	90	59	59	-2	-43	-62	7	88	-1	114	-75	-180	-44	1000					
MA	-61	63	50	-61	-9	43	35	72	-2	-113	180	-137	-67	28	-32	-79	-135	-150	30	1000				
BL	-98	-70	-3	-83	-73	-12	88	-10	68	-110	-10	-144	-140	87	-31	-27	-567	-11	-128	-203	1000			
NO	-68	-36	-108	9	264	53	-52	55	-203	10	19	-195	-61	-53	-41	-103	-83	7	158	189	-89	1000		
RANG	-78	120	87	258	129	11	-1	82	-20	-163	77	-38	-88	-120	-71	34	19	-117	-63	32	85	-13	1000	
SANT	135	-30	-119	311	88	41	-100	-113	131	30	-218	62	6	-38	211	-81	124	-135	-32	-28	23	-131	858	1000

Ombrages différentiels de la matrice de corrélation:



- : 0,8 ---- 0,5
- : 0,4 ---- 0,3
- : 0,2 ---- 0,1

Tableaux II-A

I - ANALYSE DE VARIANCE

L'essai a pour objectifs l'évaluation de la variabilité morphologique des populations de maïs et la comparaison de leur comportement dans les mêmes conditions pédoclimatiques. Nous avons effectué, pour ce faire, une analyse de variance à deux facteurs sur les caractères pour voir s'il y a un effet génotypique et/ou un effet bloc (voir annexe III).

Le tableau de résultats montre que tous les caractères présentent un effet génotypique hautement significatif hormis la largeur feuille et la vigueur de départ. Ces résultats sont encore confirmés par une autre analyse effectuée sur les deux échantillons issus du partage au hasard des populations. Seul le caractère "date de floraison" a dû présenter un effet bloc significatif.

II - ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

A - ASSOCIATION ENTRE CARACTERES

La matrice de corrélation globale est rapportée dans le tableau II.A. Seuls les caractères quantitatifs ont dû présenter des corrélations hautement significatives.

Nous nous limiterons aux corrélations de quelques caractères d'intérêt agronomique pour mieux faciliter l'interprétation. Ainsi observe-t-on :

- de fortes corrélations positives entre la hauteur totale (HT), la hauteur épi (HEPI), la date de floraison (FLOR) et la verse. Il semble donc qu'une floraison tardive s'accompagne d'un fort développement végétatif et d'une sensibilité à la verse ;

- de fortes corrélations positives entre la largeur épi (LAEP) et le rendement (RDT). Ces deux caractères étant négativement corrélés avec la date de floraison (FLOR). En effet, une floraison tardive est souvent caractérisée par une mauvaise fécondation et, par la suite, d'épis mal remplis ;

- également des corrélations fortes et positives existent entre la longueur épi et la longueur feuille ($r_{LOEP, LOF} = 0,521$ d'une part, la largeur épi et la largeur feuille d'autre part. Il semble alors qu'un bon développement végétatif est nécessaire pour l'obtention de grands épis ;

▪ vigueur au départ et floraison ($r_{\text{vig.FLOR}} = -0,62$). On a déduit que les populations précoces paraissent donc mieux adaptées aux conditions en début devégétation ;

▪ hauteur totale, date de floraison et pourriture de tiges :
 $r_{\text{HT.TIGE}} = -0,43$; $r_{\text{FLOR.TIG}} = -0,31$. Un bon développement végétatif est lié à une diminution de la pourriture de tiges mais cependant, une floraison précoce est statistiquement associée à une augmentation de la pourriture de tige car les populations précoces ont des tiges plus vieilles à la récolte.

On peut suggérer les causes suivantes pour expliquer ces associations de caractères :

- a) la pléiotropie génétique assimilable à une corrélation physiologique ;
- b) le linkage chromosomique ;
- c) le déséquilibre gamétique ;
- d) la sélection ;
- e) l'association fortuite par dérive génétique ou plus simplement par effet d'échantillonnage ;
- f) le jeu des 4 premiers facteurs entre chacun des 2 caractères et un 3ème caractère.

N.B. Plus l'échantillonnage des géotypes sera large, plus l'importance des facteurs b, d, e sera réduite.

B - ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

L'analyse en composantes principales (A.C.P.) a été effectuée à la fois sur 13 et 24 caractères quantitatifs et qualitatifs dans le but de mieux cerner la variabilité existante.

Pour l'analyse sur 13 caractères, les 4 premiers axes représentent 72 % de la variabilité totale, le 5e axe avec 6,44 % d'inertie contribue moins "qu'une variable mesurée" (chaque variable mesurée représente environ 7,7 % de la variabilité totale) à la description de la variabilité totale. Quant à l'analyse avec 24 caractères, ce sont les 5 premiers axes qui décrivent 56 % de la variabilité totale. Pour décrire la variabilité à partir de ces deux analyses, nous pouvons donc nous limiter respectivement aux 4e et 5e axes. Dans les deux cas, les deux premiers axes comportent l'essentiel de la variabilité totale (51,76 %).

Un résumé de l'analyse en composantes principales sur les moyennes des populations, à la fois sur les 13 et 24 caractères est donné par les tableaux II B1 et II B2.

- La première composante principale est un axe de caractéristiques de la précocité. Elle oppose les grandes plantes tardives aux petites précoces.

- La deuxième composante principale est plutôt un axe de rendement. Elle oppose les populations à haut rendement à celles dont le rendement est faible.

- La troisième composante est un axe de caractéristiques de potentialités de production. On y trouve les populations prolifiques avec des épis longs à nombre de rangs élevé.

- La quatrième composante principale serait un axe d'architecture de la plante et de coloration des grains. Elle permet de distinguer des plantes à fort tallage d'une part, et aux grains blancs ou orange d'autre part.

La comparaison des tableaux (B1 et B2) montre que les deux premiers axes sont caractérisés par les caractères quantitatifs à l'opposé des 3e et 4e axes qui le sont par les caractères qualitatifs. NOUS donnons aux tableaux B3 et B4 la projection des 24 caractères sur les plans engendrés par les axes 1.2 d'une part et 1.3 d'autre part.

Au moyen de l'analyse de variance sur les nouvelles variables (variables issues de l'A.C.P.), nous avons pu voir quelles sont les associations de caractères qui manifestent de la variabilité et quels sont les effets responsables de cette variabilité.

Ainsi l'analyse de variance sur les axes de composantes principales présentée au tableau B5, montre que, hormis le 4e axe, les trois premiers présentent une variabilité intergroupe très hautement significative.

N.B. Le signe qui accompagne un caractère donné indique si ce sont les fortes valeurs (+) ou les faibles valeurs (-) qui apparaissent pour ce caractère sur le demi axe positif. De façon générale l'A.C.P. nous permet de distinguer deux grands groupes selon les caractères agronomiques : par rendement : groupe A + C et B + D, puis par la précocité A + B et C + D. La dispersion des populations sur les plans 1.2 et 1.3 à la fois pour 13 et 24 caractères donnée par les figures B6a, B6b, B6c, B6d.

Axe	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4
Pourcentage d'inertie	29,38	22,38	11,12	9,57
Variables contribuant à la définition de l'axe	HEPI (+)0.200 HT (+)0.188 FLOR (+)0.164 VERSE(+)0.148 HUM (+)0.126	RDT (+)0.246 LAEP (+)0.224 LAF (+)0.195	EPIS c-JO.337 LOEP (+)0.138 LOF (+)0.100	TALL (+)0.600

Tableau IIB1 Résumé de l'A. C. P. sur les moyennes.

(13 caractères)

Axe	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5
Pourcentage d'inertie	18,34	14,04	9,04	7,42	7,25
Variables contribuant à la définition de l'axe	FLOR (+)0.175 HEPI (+)0.151 HT (+)0.133 VERSE(+)0.123 HUM (+)0.109	LAEP (+)0.187 LAF (+)0.168 RDT (+)0.161 LOF 0.112 LOEP 0.104	RANG (+)0.269 SANT (+)0.282	BL (-) : 0.234 OR (+) : 0.212	EPIS (+) : 0.270 CHAR (-) :

Tableau IIB2 Résumé de l'A. C. P. sur les moyennes.

(24 caractères)

NE = Le chiffre qui suit chaque caractère représente la contribution relative de ce dernier à la définition de l'axe.

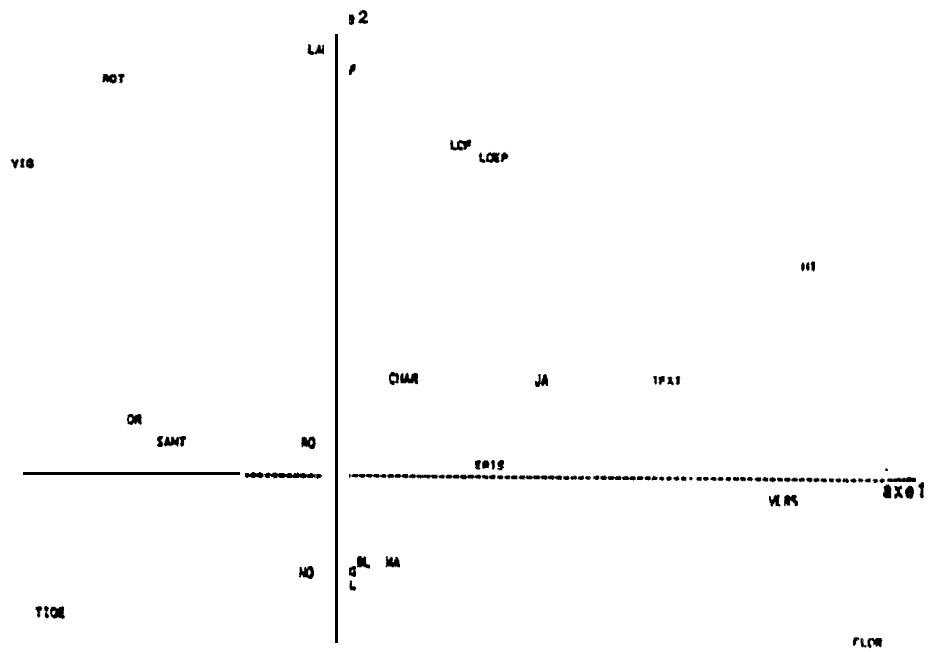


Fig : B-3 Projection des caractères sur le plan 1-2.

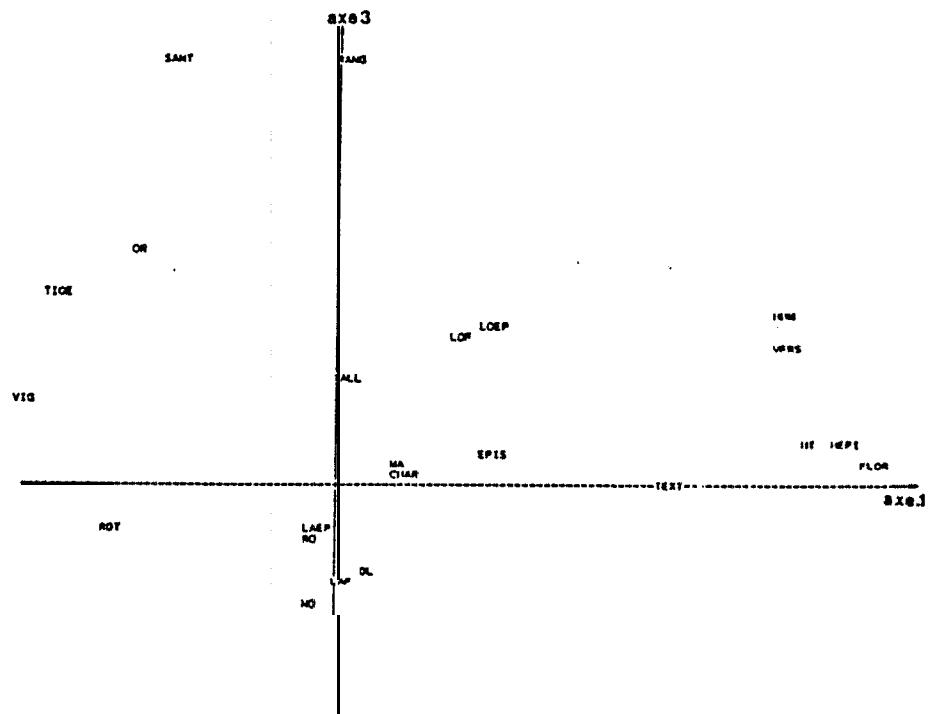


Fig B-4 : Projection des caractères sur le plan 1-3.

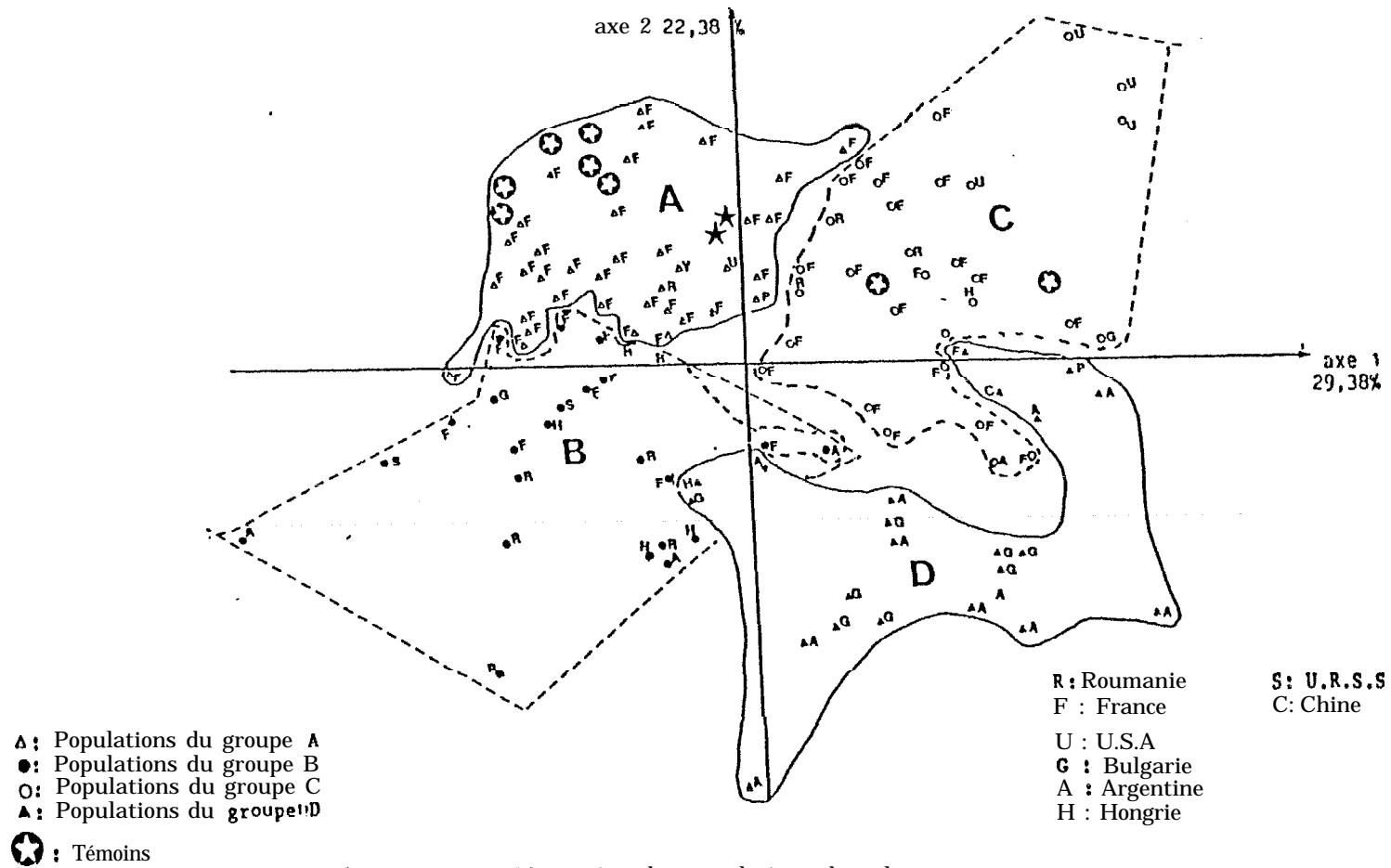
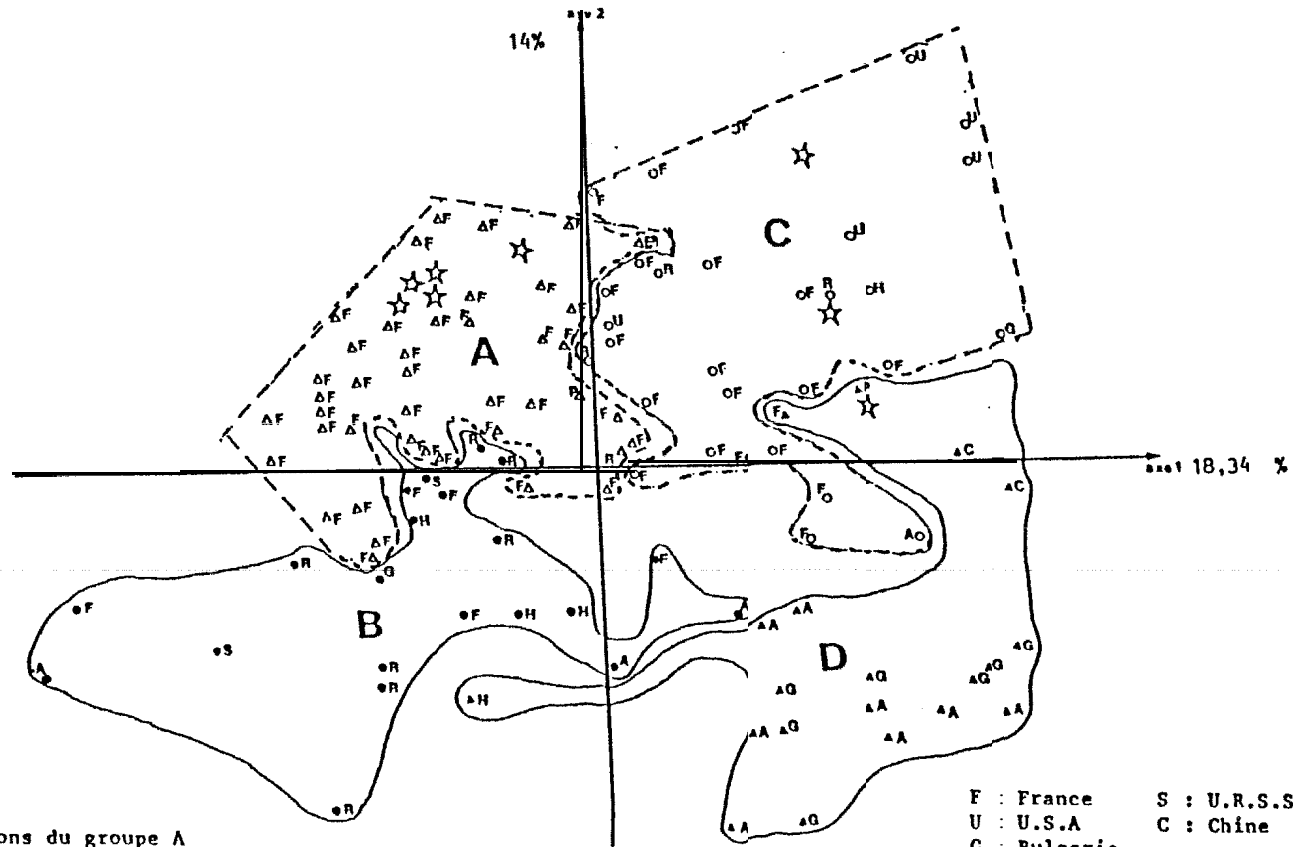


Fig B-6a

Dispersion des populations dans le plan engendré par les deux premiers axes de composantes principales sur les moyennes. (A.C.P. sur 13 caractères quantitatifs),

Fig B-6c



- △: Populations du groupe A
- : Populations du groupe B
- ◻: Populations du groupe C
- ▲: Populations du groupe D
- ☆ : Témoins

- F : France
- U : U.S.A
- G : Bulgarie
- A : Argentine
- H : Hongrie
- S : U.R.S.S
- C : Chine

Dispersion des populations dans le plan engendré par les deux premiers axes de composantes principaux sur les moyennes;

(étude effectuée sur 24 caractères)

Source de variation	ddi	C. M.	F	variables discriminantes	
Intergruppes	9	15,06	5,04 *	TIGE	A
Intragruppes	117	2,98	0,77 NS	RDT	X
Total	126	3,84		VERSE	E
				HT	
				TALL	1
Intergruppes	9	24,03	13,37 *	HEPI	A
Intragruppes	117	1,30	0,44 NS.	LAF	X
Total	126	2,93		RDT	E
				TIGE	
				LOF	2
Intergruppes	9	3,56	2,75 *	LAF	A
Intragruppes	117	1,29	0,89 NS	H U M	X
Total	126	1,45		TALL	E
				HEPI	
				VERSE	3
Intergruppes	9	2,02	1,69 *		A
Intragruppes	117	1,19	0,95 NS		X
Total	126	1,25			E
					4

* significatif à 1 %

MS non significatif à 5 %

Labelau B5 : Analyse de variance sur les 4 premiers axes.

c - L'ANALYSE FACTORIELLE DICRIMINANTE (A.F.D.)

Après l'A.C.P. réalisée sur les moyennes, nous avons effectué la classification hiérchique des populations qui s'est traduite par la construction du dendrogramme de la figure C.1 permettant de mieux visualiser le regroupement des populations et de quantifier le degré de ressemblance entre ies populations sur la base des moyennes des variables mesurées.

Par cette analyse, nous avons cherché à déterminer les variables initiales qui permettent la meilleure discrimination entre les 4 différents groupes de populations définis à priori en coupant le dendrogramme à 0,35. Ces g roupes ne correspondent pas obligatoirement aux groupes géographiques. Nous représentons les résultats de l'A.F.D. et la projection des différents groupes de populations qui en sont issus, sur le tableau C.2 et aux figures B6 a, b, c, d. Ainsi :

- le groupe A est presque homogène avec 90 % de populations françaises en provenance des Hautes et Basses Pyrénées, de l'Aveyron, du Lot, des Landes, du Tarn, de la Gironde et quelques unes de la région Est - Sud - Ouest. Il comprend : Les populations précoces et à haut rendement avec la plupart des témoins dont : Brulouis, Déa, LG 11, Ery, Leader, Liza, Bel Anjou, Sc 233, Iris 303.

- Le groupe B comprend surtout des populations roumaines, hongroises, soviétiques, avec quelques françaises et argentines. Ce sont des populations plus ou moins précoces avec un rendement souvent faible. On note la présence des témoins Concorde et Mohican.

- Le groupe C se partage essentiellement entre quelques populations françaises et américaines tardives mais a rendement élevé.

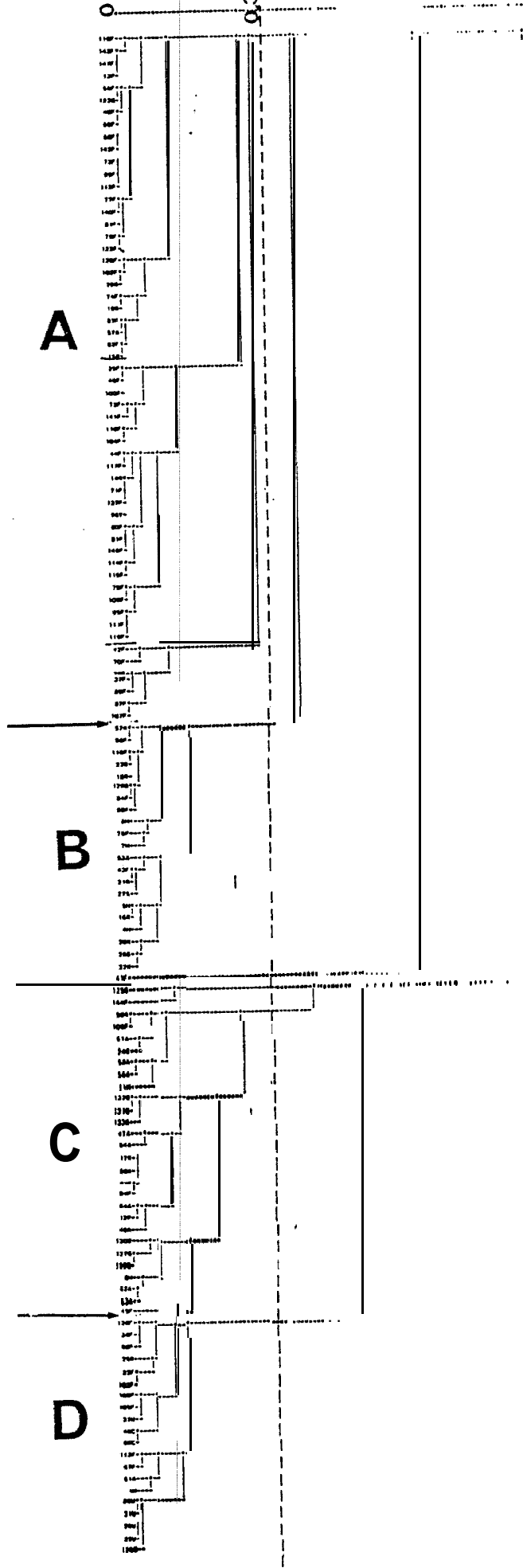
- Le groupe D se compose de populations bulgares et argentines tardives et à rendement faible par rapport aux américaines.

La liste complète des groupes définitifs et leurs caractéristiques est donnée aux tableaux C.3 a, b, c, d.

La projection des populations dans le plan engendré par les deux premières variables canoniques est donnée sur la figure C.4. Le groupe B est bien distinct des autres: Les trois autres groupes se recouvrent et leur intersection est certainement constituée par des populations inclasables.

Notons toutefois la position privilégiée des populations françaises (A) dans l'analyse en composantes principales (proportionnalité et rendement élevé) .

Fig C-1
Classification ascendante hiérarchique.
(Dendrogramme)



En effet, de tous les pays étudiés, la France est le seul qui jouisse d'un climat atlantique, relativement frais et humide. Il faut, peut-être, mettre ce facteur en relation avec le premier rang des populations françaises sur la vigueur de départ, la précocité de floraison femelle, la résistance à la pourriture des tiges et la santé de l'épi.

Caractères	Pourcentage de bonne classification			
	A	B	C	D
Tiges pourries	4314	100,0	13,8	84,0
Floraison	81,1	95,0	79,3	64,0
Longueur épi	79,2	100,0	86,2	80,0
Verse	88,7	100,0	96,6	96,0
Humidité	98,1	100,0	96,6	96,0
Largeur épi	100,0	100,0	100,0	100,0

Tableau C.2 : Passage en revue des caractères discriminants

Tableau C.3a - Groupe A

Ncm	Code population	Population	Origine
Boutx 3	581	C24	Pyrénées centrales
Moncassin	584	C27	Est Sud-Ouest
Bades	686	C277	Bades
Fraysse Alban	588	C19	Tarn
Gros grain doré	599	MP69	Gironde
Bugard A	612	C61	Hautes Pyrénées
Burg	613	C63	Hautes Pyrénées
Serre Rustaing	614	C64	" "
Nestier	615	C68	" "
St Laurent de Neste	616	C71	" "
Grust	617	C76	" "
Lannemezan	618	ca0	" "
Région d'Aurac	619	C40	Charente
Doré de Bordes	62	C30	Est Sud-Ouest
Doré du Pays	622	C31	" II "
G. R. B.	623	c34	" " "
G. R. B.	624	C36	" " "
St Jean Pied de Port	625	C205	Pyrénées Atlantiques
Millette la Cassignole	627	C06	Millettes
St Côme	629	C96	Aveyron
St Sarthem B	631	C98	"
Roux de Chalosse	636	C38	Est Sud-Ouest
Reçu de C.E.T.H. des Landes	637	C280	Landes
Cugnières	640	MP63	"
Marmande 19	650	MP47	Lot
Millette de Lauragais	653	C03	Lot
Doisé du Pays Louvigny	654	C32	Est Sud-Ouest
G. R. B.	655	c33	" " "
Roux du Pays	656	C37	" " "
Saliès de Béarn	657	C204	Pyrénées Atlantiques
Région de Bardes	659	c219	" "
Ba.-zun	660	C220	" "
Lucgarier	661	c221	" "
Lucgarier	662	c222	" "

Tableau 1.3b - Groupe B

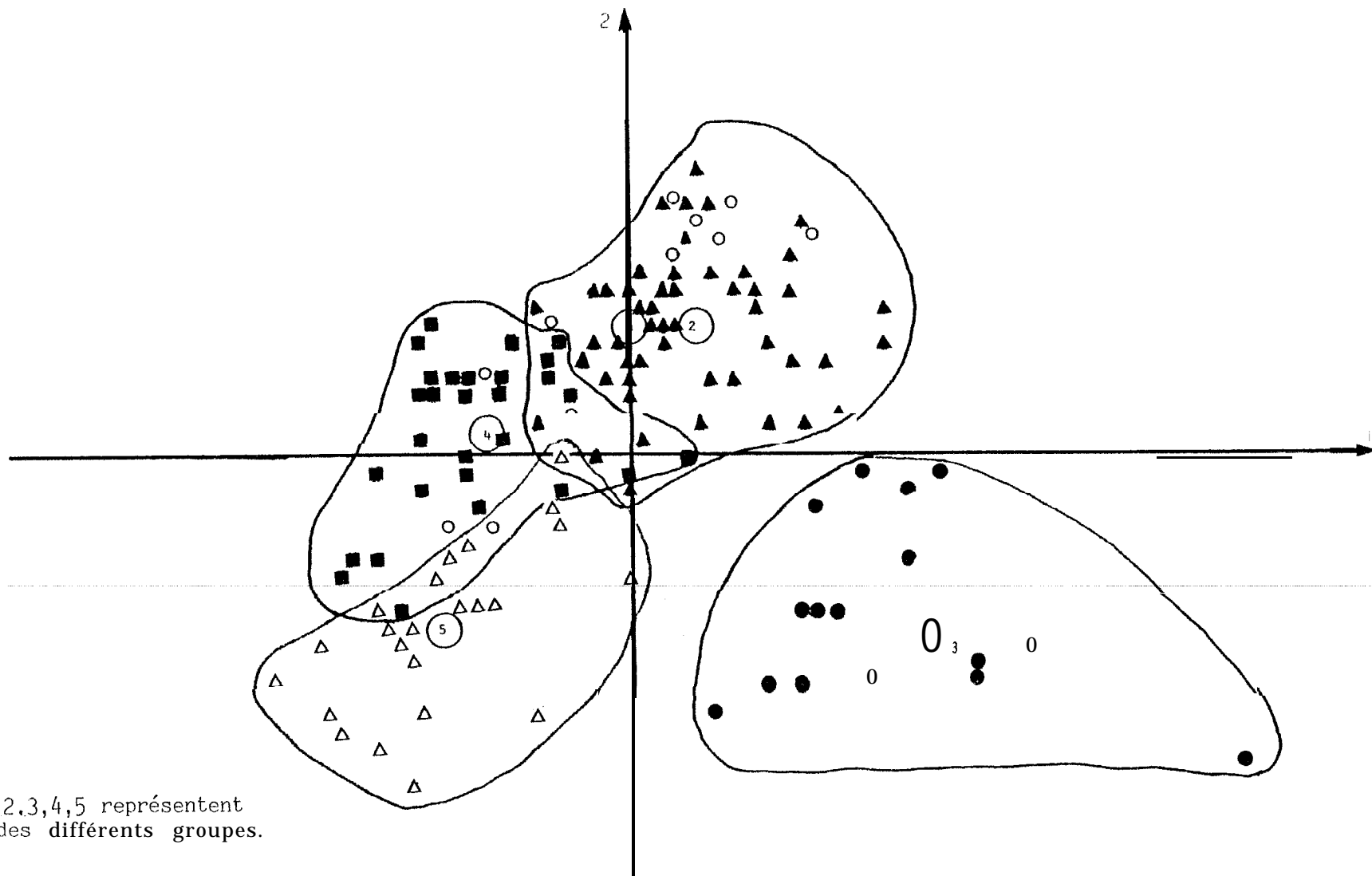
Nom	Code popula .ON	Population	Origine
Gomer	663	C223	Pyrénées Atlantiques
Auga	664	C225	" "
Auga	665	C226	" "
St-Jean Pied de Port	667	MP33	" "
Villefrance d' Albigeois A	682	C14	Tarn
Lannemezan	685	C80	Hautes Pyrénées
Bugard A	687	C61	" "
Burg	688	C63	" "
Serre Rustaing	689	C64	" "
St Laurent de Neste	691	c71	" "
Iregi Koray Feher	555	MP188	Hongrie
Maïs blanc(Eckirch Ariesan)	557	C657	Portugal
Timpurin	559	C130	Roumanie
Portocalin d' Ig Frumos	561	C133	"
Moldovenese de Bals	568	c393	"
Chos Malas 2	595	C563	Argentine
Amarillo Enano	596	C598	"
Population Mr Hymador	597	c599	"
Région de Saltz	585	c212	Bas Rhin
Alsace	587	C278	Alsace
Commune de Passin	620	C89	Isère
Pessan	641	MP64	Landes
Landes	643	MP333	"
Skorbjalna	668	MP141	Bulgarie
Balamagyarmatic	549	C427	Hongrie
Acsai	550	2428	"
Pocsaji	551	C430	"
Timpurin de MoaraDomnesco3	560	C131	Roumanie
Scorumni	562	C134	"
Banatean de Calecea	563	C135	"
Portocaliu	564	c345	"
Vuceava 1	565	C387	"
Albesti	566	C380	"
Moldovenese de Dragalina	567	C380	"
Vc 158	571	C330	Russie

Tableau C.3c - Groupe C

Nom	Code population	Population	Origine
Chas Malal 1	594	C562	Argentine
Corrèze (1. 2. 3)	579	C237	Corrèze
Moustaion	582	C25	Pyrénées centrales
Cabrilles par Lautrec	589	c22	Tarn
Région d'Allasac	590	C232	Haute Vienne
Bardot à Seix	611	C81	Ariège
Millette Mathieu	626	C05	Millette
Espeyrac	628	c95	Aveyron
Millette de Finhan	634	C236	Haute Garonne
Population du Gers	635	C235	Gers
Pot. de Résine	638	MP57	Landes
Pot. de Résine	639	MP58	Landes
St-Pantaléon	645	C20	Tarn
Marmande 12	647	MP44	Lot
Marmande 17	648	MP45	"
Marmande 18	649	MP46	"
Marmande 20	601	MP48	"
St-Suzanne	658	C206	Pyrénées Atlantiques
Millette Montagne Noire	684	c7	Tarn
Bardot à Seix	686	C81	Ariège
4722-2AA (Prolific x 4722-2AA)	671	MP147	Bulgarie
Bekesi	545	C419	Hongrie
Ariésan	558	C129	Roumanie
Populatic de Turdase	569	C394	"
Populatic de Saftica	570	MP264	"
Hopi selection	573	C691	Amérique
30 Day selection	574	C692	"
Indian selection	575	C634	"

Tableau C.3d - Groupe D

Nom	Code population	Population	Origine
Compresto Pisingallo	591	C481	Argentine
Mais Pampa	593	C561	"
Pisincho Vav 5525	598	C641	"
Pisincho x Morocho Vav 5741	600	C643	"
Morocho Vav 5748	601	C644	"
Pisincho Vav 5756	602	C645	"
Reventaclo top Vav 5829	604	C647	"
Amarillo 8-10 Ruyas Vav 583	605	C649	"
Capis Vav 5834	636	C651	"
Pinto Vav 5835	607	C652	"
Colorado Vav 5837	608	C653	"
Tenoungtan 2 Rives 1978	592	MP156	Chine
Tatan Rives 1978	632	MP157	"
Marmanda 32	652	MP52	Lot
2064 x (Prolific x 2064)	670	MP146	Bulgarie
(49.61 x Prolific) x 49.6	672	MP148	"
(Prolific x 49.61) x 49.6	673	MP149	"
(49.61) (4961 x Prolific)	674	MP150	"
49.61 (Prolific x 49.61)	675	MP151	"
(73.61 x Prolific) x 78.6	676	MP152	"
(Prolific x 78.61) x 78.6	677	MP153	"
78.61 (78.61 x Prolific)	678	MP154	"
Magyarovari	548	C424	Hongrie
Sailsarkanyi	552	C431	"
P. R. V. 259	556	C553	Portugal



Les chiffres 1,2,3,4,5 représentent
les moyennes des différents groupes.

Fig: C 4 Dispersion des populations dans le plan canonique 1 - 2
de l'analyse discriminante

▲ : groupe A ● : groupe B ■ : groupe C △ : groupe D ○ : témoins

D - VARIABILITE ENTRE POPULATIONS ET PROBLEMES DE CLASSIFICATION

Les perspectives d'élargissement de la variabilité *en ressources* génétiques reposent sur la connaissance du matériel soumis à l'hybridation en vue de la maximisation de l'hétérosis. Sur ce, on doit rechercher quels types de distinction peuvent s'établir entre les populations étudiées sur la base des caractères étudiés. Les fonctions de classification offrent cependant les possibilités de regrouper les caractères suivant leurs qualités discriminantes de descriptions, mais aussi de mettre en évidence les degrés de ressemblance entre les différentes populations (Rao, 1973). Deux objectifs fondamentaux sont à considérer dans la classification (J. Pernès, 1985) :

- Faciliter la vision d'ensemble de la collection. Il s'agit là de guider l'échantillonnage pour permettre des évaluations agronomiques décentralisées et d'orienter le sélectionneur en lui révélant des sous-ensembles entre lesquels l'ordre de grandeur des distances génétiques aura été calculé (recherche d'hétérosis, recherche de structures complémentaires ou nouvelles).

- Apprécier immédiatement le degré d'originalité de toute nouvelle introduction. Cet objectif est le plus simple à réaliser dès qu'une certaine classification a été proposée, il simplifiera considérablement les tâches du sélectionneur, toujours à l'affût des lignées nouvelles qu'il introduit sans connaître, en général, les détails de leur obtention génétique.

E - CONCLUSION

Dans notre travail nous avons essayé d'étudier l'organisation de la variabilité de quelques populations de maïs,

L'analyse de variance nous a permis de mettre en évidence pour tous les caractères, hormis la largeur feuille et la verse, un effet génotypique très hautement significatif (HT, HEPI, LCF et FLOR). L'A.C.P. a permis de déterminer, à partir de variables initiales, 4 axes principaux, un axe de précocité, un axe de rendement, un axe de potentialité de production et un axe d'architecture.

Les représentations issues de l'A.C.P. permettent de dégager les conclusions suivantes :

- des populations d'origine géographique très différente (ex. Argentines et Bulgares) peuvent avoir des caractéristiques morphologiques très voisines.

- Les lignées françaises se caractérisent, en majorité, par une bonne précocité et une productivité élevée.

En supposant une liaison entre l'hétérosis et la divergence morphologique, on peut penser que certains hybrides issus de croisements entre les différents groupes 2 à 2 seront hétérotiques.

Enfin l'A.F.D. nous a permis d'identifier les caractères essentiels à la discrimination des différents groupes de populations. Il s'agit notamment du nombre de tiges pourries, de la date de floraison femelle, de la longueur de, l'épi, de la verse, de l'humidité du grain et de la largeur de l'épi. Les caractères précités sont à prendre en considération dans la liste des descripteurs pour l'évaluation de la variabilité de populations de maïs. Le groupe B, qui réunit des populations d'origines argentines et bulgares, permet de différencier distance géographique et distance morphologique.

A N N E X E I

N° traitement	Code populat°	Population	Origine	Moms
1	545	c 419	Hongrie	Békési
2	546	C 422	"	Csbreudeki
3	547	C 423	"	Földeaki
4	548	C 424	"	Magyarovari
5	549	C 427	"	Balassagyarmatic
6	550	C 428	"	Acsai
7	551	c 430	"	Pocsaji
8	552	c 431	"	Sailsarkanyi
9	553	MP176	"	Dunaremetei
10	554	MP177	"	Felsosenti vani
11	555	MP188	"	Iregi Korai Feker
12	556	c 553	Portugal	P.R.V 259
13	557	C 657	"	Mâis blanc(M Eckirch)
14	558	C 129	Roumanie	Ariesan
15	559	c 130	"	Timpuriu
16	560	c 131	"	T.Moara Domneasca
17	561	c 133	"	Portocalin d'Ig Frumos
18	562	c 134	"	Scorumni
19	563	c 135	"	Banatean de Calacea
20	564	C 345	"	Portocali
21	565	3 387	"	Suceava I
22	566	3 391	"	Xlbesti
23	567	3 392	"	Moldovenesc de Dragalina
24	568	3 393	"	Moldovenesc de Bals
25	569	3 394	"	Populatie de Turdase
26	570	MP264	"	Populatie de Saftica
27	571	c 330	Russie	V.C 158
28	572	c 331	"	v.c 166
29	573	C 691	Amérique	Hopi selection
30	574	C 692	"	90 day selection
31	575	C 694	"	Indian selection
32	576	C 695	"	Gehu selection
33	577	C 696	"	Gehu syn3
34	578	c 701	"	Rustler
35	579	C 237	France	Corrèze 1.2.3
36	580	C 23	"	Boutx Hte Gne
37	581	C 24	"	Boutx B

38	sa2	c 25	France	Mous taj on
39	583	MP28	Yougoslavie	Kosmaj (Int 78)
40	584	C 27	France	Moncassin
41	585	c 21:2	"	Région de Seltz
42	586	C 27:7	"	
43	587	C 278	"	
44	588	c 19	"	Frayse Alban
45	589	c 22	"	Cabrilles , par Lautrec
46	590	C 23:2	"	Région d'Allassac
47	591	C 48:1	Argentine	Compuesto Pinsinquallo
48	592	MP156	Chine	Tchoungnan 2 Rives 78
49	593	C 56:1	Argentine	Maïs Pampa
50	594	C 56i	"	Chos Malal 1
51	595	C 56:3	"	Chos Malal 2
52	596	c 598	"	Amarillo Enano
53	597	c 599	"	Pop.Mr Hymador
54	598	C 641	"	Pisincho Vav 5748
55	599	MP69	France	Gros grain doré
56	600	C 643	Argentine	Pisincho x MorochoVav 5748
57	601	C 644	"	Morocho Vav5756
58	602	C 645	"	Pisincho Vav 5756
59	603	C 646	"	Pisinga vav 5828
60	604	C 647	"	Reventado Top vav5829
61	605	C 649	"	Amarillo 8-10Ruyas
62	606	C 651	"	Capis vav 5834
69	607	C 652	"	Pinto vav5835
64	608	c 653	"	Colorado vav 5835
65	609	C 655	"	Mexicano popvav 5839
66	610	c 109	Yougoslavie	Ško
67	611	C 81	France	Bardo à Seix
68	612	C 61	"	Burgard A
69	613	C 63	"	Burg
70	614	C 64	"	Serre Rustaing
71	615	c 68	"	Nestier
72	616	c 71	"	St Laurent de Neste
73	617	c 76	"	Grust
74	618	c 80	"	Lannemezan
75	619	c 40	"	Région d'Aurac
76	620	C 89	"	Commune de Passins
77	621	c 30	"	Doré de Bordes
78	622	c 31	"	Doré du Pays
79	623	c 34	"	G.R.B

30	624	C 36	France	G.B.R
31	625	C 205	"	St Jean pied de port
32	626	c 05	"	Millette Mathieu
33	627	C 06	"	Millette la Cassignole
34	628	c 95	"	Espeyrac
35	629	C 96	"	St Côme
36	630	c 97	"	St Parthem A
37	631	C 98	"	St Parthem B
38	632	MP157	Chine	Tatan 2 Rives 1978
39	634	C 236	France	Millette de Finhan
90	635	C 235	"	Population du Gers
91	636	C 38	"	Roux de Chalosse
92	637	C 280	"	Reçu du CETH des Landes
93	638	MP57	"	Pot de résine
94	639	MP58	"	Pot de résine
95	640	MP63	"	Cunières
96	641	MP64	"	Pessan
97	642	MP65	"	Dubos
98	643	MP333	"	
99	644	MP334	"	
100	645	c 20	"	St Pantaléon
101	646	c 86	"	Cressens sac
102	647	MP44	"	Marmande 12
103	648	MP45	"	Marmande 17
104	649	MP46	"	Marmande 18
105	650	MP47	"	Marmande 19
106	651	MP48	"	Marmande 20
107	652	MP52	"	Marmande 32
108	653	c 03	"	Millette de Lauraguais
109	654	C 32	"	Doré du Pays Laurigny
110	655	c 33	"	G.R.B
111	656	c 37	"	Roux du pays
112	657	C 204	"	Salies du Bearn
113	658	C 206	"	Sté Suzanne
114	659	c 219	"	Région de Bardes
115	660	c 220	"	Barzun
116	661	c 221	"	Lucgarier
117	662	c 222	"	Lucgarier
118	663	C 223	"	Gomer
119	664	C 225	"	Auga
120	665	C 226	"	Auga
121	666	c 227	"	Mouhoux
122	667	MP33	"	St Jean pied de port

123	668	MP141	Bulgarie	Skorbjalna
124	669	MP145	"	Sofia(Prolific x 2064)x2064
125	670	MP146	"	2064x(Prolificx2064)
126	671	MP147	"	4722-2AA(Prolificx4722-2AA)
127	672	MP148	"	49-61x Prolific)x4961
128	673	MP149	"	(Prolificx 4961)x4961
129	674	MP150	"	4961x(4961x Prolific)
130	675	MP151	"	4961(Prolificx4961)
131	676	MP152	"	78-61x(Prolificx78-61)
132	677	MP153	"	(Prolificx78-61)x78-61
133	678	MP154	"	78-61x(78-61xProlific)
134	679	MP155	"	78-61x(Prolificx78-61)
135	680	C 627	Thaïlande	Marché de Bangkok
136	681	C 332	TURQUIE	P.I.167.986
137	682	c 14	France	Villefranche d'Albigeois A
138	683	c 99	"	Dijon
139	684	c 07	"	Millette Montagne Noire
140	685	C 80	"	Lannemezan
141	686	C 81	"	Bardot à Seix
142	687	C 61	"	Bugard A
143	688	c 63	"	Burg
144	689	C 64	"	Serre Rustaing
145	690	c 68	"	Nestier
146	691	c 71	"	St Laurent de Neste
147	692	C 76	"	Grust
148	693	C 80	"	Lannemezan

Liste des Témoins

N° traitement.	Noms
149	Brulouis
150	Déa
151	L.G.11
152	Ery
153	Leader
154	Liza
155	Bel Anjou
156	SC 233
157	Iris 303
158	L.G.22
159	Concorde
160	Mohican

A N N E X | E I I

L I S T E D E S C A R A C T E R E S M E S U R E S

1°) Caractères agronomiques:

RDT : rendement sec en grain à l'hectare.

FLOR: date de floraison femelle en quantités depuis la date de semé.

2°) Caractères quantitatifs associés au rendement:

HT : hauteur totale de la plante, du sol à la base de la première ramification de l'inflorescence mâle en cm(5 plantes mesurées par répétition).

HEPI: hauteur totale de la plante du sol à la base de l'insertion de l'épi supérieur, en cm(5 plantes mesurées par répétition).

LOF : longueur de la feuille de l'épi supérieur(5 plantes par répétition).

LAF : largeur de la feuille de l'épi Supérieur(5 plantes par répétition).

TALL: nombre de talles à la récolte pour une ligne de 5m.

EPIS: nombre d'épis existants à la récolte pour une ligne de 5m.

HUM : humidité du grain à la récolte mesurée avec un humidimètre Dickey-John.

LOEP: longueur de l'épi en mm mesurée sur 10 plantes.

LAEP: largeur de l'épi en mm mesurée sur 10 plantes.

RANGS : nombre moyen de rangs de l'épi sur 10 épis.

3°) Facteurs de régularité du rendement:

CHAR : charbon

0 = pas de charbon

1 = présence de charbon sur les tiges

2 = présence de charbon sur les épis

TIGE : nombre de tiges pourries pour une ligne de 5m.

VERSE: nombre de plantes versées à la récolte pour une ligne de 5m.

SANT : santé de l'épi évaluée sur 10 épis:

0 = pourri

10 = sain

4°) Caractères qualitatifs purement descripteurs:

Couleur du grain (OR. JA. MAR. BL. RO. NO.)

Texture du grain (corné ou denté)

* R E S U L T A T S D E L ' A N A L Y S E D E V A R I A N C E
P A R C A R A C T E R E *

Caractères	Source de variation	ddl	Carrés myens	F
RDT	répétition	1	259,94	2,95 NS
	génotype	145	256,07	2,90**
	résiduelle	134	88,07	
HUM	répétition	1	42,96	3,38 NS
	génotype	145	30,42	2,39**
	résiduelle	134	12,70	
HT	répétition	1	7,42	0,003 NS
	génotype	145	1319,04	4,98**
	résiduelle	134	265,13	
HEPI	répétition	1	34,31	0,27 NS
	génotype	145	1048,35	8,49**
	résiduelle	134	123,35	
LOF	répétition	1	650,39	0,29 NS
	génotype	145	9589,28	4,28**
	résiduelle	134	2239,89	
LAF	répétition	1	54,75	0,17 NS
	génotype	145	397,36	1,29 NS
	résiduelle	134	306,83	
VERSE	répétition	1	621,97	0,54 NS
	génotype	145	1903,69	1,68**
	résiduelle	134	1133,24	
TIGE	répétition	1	19,03	0,10 NS
	génotype	145	408,79	2,19**
	résiduelle	134	186,01	
EPIS	répétition	1	0,08	2,83 NS
	génotype	145	0,05	1,93**
	résiduelle	134	0,02	

Carctères	Source de variation	ddl	Carrés moyens F	
TALL	répétition	1	0,006	0,22 NS
	génotype	145	0,07	2,44**
	résiduelle	134	0,03	
CHAR	répétition	1	8,82	2,04 N:S
	génotype	145	6,46	1,50**
	résiduelle	134	4,31	
VIG	répétition	1	227498,83	0,96 NS
	génotype	145	219236,83	0,92 NS
	résiduelle	134	237089,15	
FLOR	répétition	1	255,07	20,92**
	génotype	145	150,73	12,36**
	résiduelle	134	12,18	
LOEP	génotype	144	5587,85	11,91**
	résiduelle	1302	469,24	
LAEP	génotype	144	345,24	21,61**
	résiduelle	1302	15,96	

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLARD, R.W and HANSCH, P.F :Some parameters of populations variability and their implications in plant breeding. Adv. Agron. 16.281-325
- BARRIERE, Y. (1979) Selection du maïs pour la résistance à la pourriture des tiges. Etude de génotypes précoces. Ann. Am. pltes 29(3).283-304
- BRANDOLINI, A Preliminary report on South european and mediterranean maize germplasm. Proceedings of the fifth meeting of the maize and sorghum section of Eucarpia.
- BRANDOLINI, A and AVILA,G Effects of Bolivian maize germplasm in South European Maize Breeding. In Proceedings of the fifth Meeting of the Maize and Sorghum section of Eucarpia.
- BRIEGER, F.C Collection and evaluation of indigenous races of maize Genetica Agraria vol. XVII (1963).
- BROWN,W. L , Broader germplasm base in Corn and Sorghum. Proc. Annu. Corn Sorghum Res. Conf.30 : 81-89. Trop. Agric. 30: 81-89.
- BROWN , W. L and GOODMAN, M,M 1977 : Races of maize. In Corn and Sorghum improvement, G.F. SPRAGUE, ed. pp 49-88. Am. soc. Agron. Madison, Wis.
- CAMUSI, A, JELLIUM, M.D ; ATTAVIANO, E ; 1980 : Numerical taxonomy of italian populations of maïpe based on quantitave traits. Maydica XXVI pp 149-165
- CAUDERON, A 1980 Génétique,sélection et expansion du maïs en France depuis trente ans. Cultivar Spécial maïs. Nov. 1980 PP: 13-19.
- CAUDERON , A 1980 : Sur la protection des ressources génétiques en relation avec leur surveillance, leur modelage et leur utilisation. C.R. Acad. d'Agri. n° 12. pp: 1051-1068.
- CULININEN, F. P : Need for and utilisation of additional sources of germplasm Horticultural Crops. In Hodgson, R, E, ed. Germplasm Ressources London .
- CLARK, J.A : Collection, Presernation, and utilisation of indigenous strains of maize. Economic Botany 10 :194-200 1956.
- DAGNELIE,P, 1975 :Théories et méthodes statistiques. Vol: 2 2° Edition. Presses Agronbmiques de Gembloux, Belgique.
- DAGNELIE, P, 1973 ; Théories et méthodes statistiques. Vol: 1 2°Edition. Presses Agronomiques de Gembloux, Belgique.
- DOLAN, D. D ; New germplasm : The merits and the uses of some plant introductions. Econ. Bot. 11 ; 244-248.
- DUDLEY, J, W : Theory for identification and the use of exotic germplasm in maize breeding programs. Maydica XXIX 1984 : 391-407

- EFRON, Y and EVERETT H.L. : Evaluation of exotic germplasm for improving hybrids in Northern United States. Fabuleux maïs : Evolution de la plante p. 2024254.
- FERRIF, J.P. - Asgrow : "Faculté germinative, figueur de départ". Agromais, Mars 1985, 36, 9-12.
- GALLAIS, A. : Amélioration des populations, méthodes de sélection et création de variétés. 1. Synthèse sur les problèmes généraux et sur les bases théoriques pour la sélection récurrente intrapopulation. Ann. Amél. Plantes.
- GALLAIS, A. : Amélioration des populations en vue de la création vâriétale. Le Sélectionneur français 1981, 29, 5-23.
- GALLAIS, A. : Note sur la sélection sur plusieurs caractères. Le Tocsin du Radiateur, 6, 380-388.
- GALINAT, W.C., STARBUCK, J.S. and PASARPELETI, C.V., 1981 : Heterotic responses of maize hybrids containing alien germplasm. Maize Coop. 55, 111-112
- GOODMAN, M.M. : The races of maize : II. Use of multivariate analysis of variance to measure morphological similarity. Fitotec. Latinoam, 4, 1-22.
- GOODMAN, M.M. and BIRD, R.M. : The races of maize : III. Choices of appropriate characters for racial classification. Econ. Bot. 1136, 92 p.
- GOODMAN Major M. and MOK-BIRD R. : The races of maize : IV. Tentative grouping of 219 Latin American Races. Econ. Bot. 31, 204-221, April, June 1977.
- GOODMAN, M.M., 1972 : Distance analysis en biology. Syst. Zool. 21, 174-186.
- HALLAUER, A.R. 1978 : Potential of exotic germplasm for maize improvement. In. D.B. Walden (bd). Maize breeding and genetics 229-247. New-York Wiley and Sons Inc.
- HALLAUER, A.R. 1981 : Process to date in the use of exotic materials in convensional maize breeding programs. Proc. 4th South Africa maize symp. 35-40.
- HALLAUER, A.R. 1978 : Germplasm. Chap. II. Maize breeding.
- HALLAUER, A.R. and SERAS J.H., 1972 : Integrating exotic germplasm into corn-belt maize breeding programs. Crop Sci. vol 12, 203-206.
- HOTTEMER, H.H. : Theoretical ans applied genetics. T.A.G. 62, 219-223 (1982) Genetic distance between populations.
- Hugues de CHERISEY, 1983 : "Contribution à l'évaluation des ressources génétiques du millet Setaria italica L. P.B. Variabilité des caractères quantitatifs. Thèse de Docteur Ingénieur. Amélioration des Plantes, Université Paris XI, Orsay.

- JAIN, H.K. : Plant Breeders' Rights and Genetic Resources. Indian J. Genet 42, 12-128 (1982).
- KAAN, F., RAUTON, S., PANOUILLE, A., BOYAT, A.J., TESSAC M., 1980 : Etude des populations européennes de maïs pour les caractères d'intérêt agronomiques. En publication, INRA Montpellier.
- KAHLER, A.L. : Theoretical and applied genetics (T.A.G.) 1984. 68, 35-41. Expectations of means and genetic variances in backcrossing populations.
- KRAMER, H.H., ULLSTRUP, A.J., 1959 : Preliminary evaluations of exotic maize germplasm. Agron. J. 51, 687-689.
- LE GOHEC, F. 1972 : Données récentes sur la méthode de sélection massage. Ann. Amél. Plantes, 22, (4), 389-397.
- Lhour, J. (expo Corn) : Le maïs aux U.S.A. Agromaïs. Avril 1985, 37, 7-12.
- LIMA M., GIMENES-FERNANDES, N., MIRANDA, J.B., FILHO, J.C., PEREIRA, V.A. 1982 : Introduction of maize (*Zea mays* L.) germplasm as sources for downy mildew (*Peronosclerospora Sorghi*) resistance. Maydica, 27, 159-168.
- LIMA M., MIRANDA FILHO J.B., BCLLER GALLO P. : Inbreeding depression in populations of maize (*Zea mays* L.) Maydica 29 (1984), 203-215.
- LEBART L., FENELON J.P. : Statistiques et informatique appliquées, 2ème édition Dunod, 195+252.
- MAGAJA J.L., NORRO A.A. 1981 Influence of perennial teosinte germplasm on polypeptidic pattern of maize endosperm protein. Maize Coop. News Letters 55, 62-63.
- MARBOUA Berkoye Beninga, 1981 Structure génétique du complexe des mils ménicillaires : Analyse des descendance issues d'hybrides entre formes cultivées et formes spontanées. Thèse 3e cycle, Univ. Paris-Sud, Orsay.
- MARCHAND J.L. : Création d'hybrides complexes de maïs en Côte d'Ivoire. Agron. Trop. 38. 2.
- MORRE C., JINAKYON S. : Utilization of maize germplasm in Thailand. Agron. Abstr. 1973, 10.
- MURESANT, COSMIN O. : Valeurs des maïs roumains du Sud du Pays comme source de matériel de départ pour les travaux d'amélioration. Proc. 4th meeting of the maize and sorghum section of Eucarpia. Montpellier, 77-102.

- ORLANDO J., MARTINEZ W., Major M. GOODMAN and D.H. TIMOTHY : Measuring racial differentiation in Maize using multivariate distance. Measures standardized by Variation in F2 populations.
- OYERVIDES-GARCIA A.R., HALLAUER and H. CORTES MENDOZA : Evaluation of improved populations in Mexico and the U.S. Corn Belt.
- PATERMIANI E. : Value of exotic and local- inbred lines of corn.
- PERNES J. : Gestion des ressources génétiques des plantes. Tome 2, chap. V.
- POEHLMAN J.M. and Dhirendranath BORTHAKERN : Breeding maize. Chap. 8. Breeding asian field Crop.
- PRUDENT S.D. and K.R. JARKAR : Genetic variability in two heterozygous maize populations. Indian J. Genet., **41** (1981), **349-353**.
- RADOVIC H.G., 1980 : Diversity of maize populations in Yugoslavia and their importance for breeding. Nations Unies, Symposium on Production. Processing and utilization of maize, 12 p.
- REBISCHUNG J. : Etudes sur la variabilité des populations naturelles françaises de Dactyle. Ann. Amél. Plantes (III, 1953).
- R. MCK BERD and Major A. GOODMAN : The races of Maize V : Grouping Maize Races on the basis of Ear Morphology. Economie Botany, 31, 471-481. October, December **1977**, **471-481**.
- R.W. JUGENHEIMER, Ph.D : Corn improvement, seed production and uses. Chap. 9 Germplasm for present and future use. 111-121.
- RODGERS B.M., 1982 : Improvement of cultivated sorghum (*Sorghum vulgare*) with germplasm from *S. spontaneum*. Ph.D. dissertation. Abst. Iowa State University, Ames. Microfilms N° **81.21223**.
- SALANOUBAT M. : Polymorphisme enzymatique et évaluation des ressources génétiques ; application à l'étude d'une collection de maïs européen (*Zea Mays* L.). 1983. Univ. Paris-Sud, Thèse 3e cycle.
- SHAMARAEF, G.E. : Varietal variation in maize and its utilization in plant breeding. Trudy Prikl. Bot. Genet. Selek. 41 (1), 94-112 (In Russian).
- SINGH Jaginder : Study on the performance of germplasm complex and their crosses. Proceedings All. India Improvement Conference, 1965. New Delhi, 45-57.
- SPRAGUE G.E. : Chap : Heterosis in Maize : Theory and Practice, 48-67.
- SPRAGUE G.F., 1980 : Germplasm resources of plants ; their preservation and use. Ann. Rev. Phytopathol. **18**, **147-165**.

- STEVENSON J.C., GOODMAN M.M., 1972 : Ecology of exotic races of maize leaf number and tillering of 16 races under four temperatures and two photoperiods. *Crop Science*, 12 **864-868**.
- STLJBER G.W.? 1978 : Exotic sources for broadening genetic diversity in breeding programs. *Proc. 33rd, Annual Corn Sorghum Res. Conf.* **34-47**.
- VAN DER MAESEN L.J.G. and R.P.S. PUNDIR : Availability and use wild cicer germplasm. *Science*, 290, 19-24.
- WARRIER J.L., 1983 : Ressources génétiques et amélioration du maïs. *Maïscope vol.81* ; 13-15.
- VINCOURT P., DERIEUX M. et GALLAIS A. : quelques méthodes de choix des génotypes à partir d'essais multilocaux. *Agronomie*, 1984, 4 (9) 843-848.
- WELLHAUSEN, E.J. : Variation of maize in Mexico and Central America. Present and future utilization. *Proc. 1st meeting maize section Eucarpia*, **38-45**.
- WELLHAUSEN E.J., 1965 : Exotic germplasm for improvement of Corn Belt maize. *Proc. 20th. Corn and Sorghum. Genetic distances : measuring dissilarity among populations. Yearbook Physical Anthropology* 17.1.38.
- Report of the 1983 Plant Breeding Research Forum. Aug. G 9.11.83.
"Conservation and utilization of exotic to improve varieties. Conservation of germplasm. 209-214.
- TRIGUI NEJIB : La variabilité génétique des mils (Pennisetum typhoides) (Burs). Stapf and Hubb) de Tunisie : Etude biométrique et analyse du polymorphisme enzymatique. 1984. Thèse de 3e cycle. Univ. Paris-Sud, Orsay.